

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

G11B 5/667

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00137029.4

[43]公开日 2001年7月11日

[11]公开号 CN 1303090A

[22]申请日 2000.11.24 [21]申请号 00137029.4

[30]优先权

[32]1999.11.26 [33]JP [31]336117/1999

[71]申请人 株式会社日立制作所

地址 日本东京

[72]发明人 二本正昭 吉田和悦 本多幸雄

平山义幸 菊川教

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事
务所

代理人 陈季壮

权利要求书 2 页 说明书 17 页 附图页数 5 页

[54]发明名称 垂直磁记录介质、磁记录装置

[57]摘要

提供一种被改进以适合用于高密度磁记录的垂直磁记录介质和一种使用这种介质的磁记录装置。使双层垂直记录介质的磁性背层膜由多个层构成,并且用于保持垂直磁化的保持层(17)以及用于提高记录头的记录效率的层(13)和(15)在功能上彼此分开。而且,不包括保持层的软磁膜的磁化取向被限定为在盘的周边方向上,从而降低发生噪声的频率。

ISSN 1008-4274

知识产权出版社出版

说 明 书

垂直磁记录介质、磁记录装置

本发明涉及一种适合用于高密度磁记录的垂直磁记录介质和使用该介质的磁记录装置。

目前实际已经使用的磁盘存储设备使用的是纵向磁记录。以高密度在平行于盘基片、平行于盘基片表面的方向上容易被磁化的纵向磁记录介质上形成纵向磁畴是一个技术难题。在这种记录模式中，为提高面记录密度，尤其是线记录密度，需要降低用于记录的磁性膜的厚度，同时提高纵向磁记录介质的矫顽力。当矫顽力大于 4kOe 时，难以由磁头进行记录。同时，当例如 Co 合金制成的磁性膜的厚度等于或小于 15nm 时，记录的磁化的强度随时间而降低。这是由于热波动引起的。纵向磁记录本质上具有的问题是由于相邻的记录位的磁化相反而形成具有宽边界的磁化过渡区。因此，主要由于上述原因，为实现 40Gb/in^2 或更高的面记录密度在技术上是困难的。

磁化发生在垂直于薄膜介质的表面的方向上的垂直磁记录在其用于引起介质噪声的记录原理和机制上不同于传统的纵向磁记录。由于在垂直磁记录中相邻的磁化是反平行的，引起注意的是已经提出了本质上适合于高密度磁记录的记录模式和适合于垂直磁记录的介质结构。垂直磁记录被分类为两种类型，一种是使用单层垂直磁化膜，另一种是使用在其上形成有磁性背层膜的垂直磁化膜。使用含有磁性背层膜的双层垂直磁记录介质的技术在例如 1984 年 9 月出版的杂志 IEEE Transaction on Magnetism 的 Vol. MAG-20, No. 5 的 657-662 页的题目为“垂直磁记录—进展与未来”的文章中描述。作为用于这种记录模式的垂直磁记录介质，已经考虑一种具有在坡莫合金的软磁背层膜上形成的 Co-Cr 合金的垂直磁性膜的介质。

为了商业化，对于使用双层垂直磁记录介质通过垂直磁记录以 40Gb/in^2 或更高的高密度进行磁记录的磁记录装置，必须降低介质噪声，确保来自记录的磁化的磁性信号强度并提供记录头的记录效率。

介质噪声来自垂直磁化膜和磁性背层膜，来自磁性背层膜的尖峰噪声尤其是一个问题。这种噪声的实例在例如 1984 年 9 月出版的杂志 IEEE Transaction



权 利 要 求 书

1. 一种垂直磁记录介质, 包括直接或经中间层形成在基片上的磁性背层膜和形成在磁性背层膜上的垂直磁化膜, 其中磁性背层膜包括多个插入在相邻的软磁膜之间的非磁性层的软磁膜, 并且在记录时该多个软磁膜的磁化具有彼此不同的取向。

2. 根据权利要求 1 的垂直磁记录介质, 其中磁性背层膜包括多个具有彼此反平行的磁化取向的软磁膜。

3. 根据权利要求 1 的垂直磁记录介质, 其中除最靠近垂直磁化膜的软磁膜之外的软磁膜具有在基片的周边方向上取向的磁化, 并且磁通在软磁膜中被回流。

4. 根据权利要求 1 的垂直磁记录介质, 其中多个软磁膜中最靠近垂直磁化膜的软磁膜具有与其它软磁膜相比相对大的饱和磁化强度。

5. 根据权利要求 1 的垂直磁记录介质, 其中更靠近垂直磁化膜的软磁膜有 10 到 100nm 的厚度。

6. 根据权利要求 1 的垂直磁记录介质, 其中更靠近垂直磁化膜的软磁膜是 Fe-Si-B, Fe-B-C, Fe-B-C-Si, Fe-Ta-C, Fe-Si-Al, Fe-Co-C, Co-Nb-Zr, Co-Mo-Zr, Co-Ta-Zr, Co-W-Zr, Co-Nb-Hf, Co-Mo-Hf, Co-Ta-Hf 和 Co-W-Hf 合金。

7. 根据权利要求 1 的垂直磁记录介质, 其中非磁性膜、反铁磁膜或铁磁膜在磁性背层膜下面。

8. 根据权利要求 1 的垂直磁记录介质, 其中非磁性膜包括: 从 B, C, Mg, Al, Si, Ti, V, Cr, Cu, Zr, Nb, Mo, Ru, Hf, Ta, W 和 Au 中挑选的一种元素, 以及包括将这些元素作为主要组分的合金, 也可使用一种从如下构成的一组中选择出的化合物: Si_3N_4 , BN, B_4C , NiO, Al_2O_3 , SiO_2 , CaO, ZrO_2 和 MgO 或者使用包括这些化合物的混合晶体。

9. 一种包括垂直磁记录介质的磁记录装置, 该垂直磁记录介质具有直接或经中间层形成在磁性背层膜上的垂直磁化膜, 磁性背层膜包括层叠其中的多个软磁膜以及一个记录与再现头, 其中磁性背层膜中最靠近垂直磁性膜的软磁膜的饱和磁化强度 (B_{s0}) 和厚度 (t) 与磁记录中的最短位长 (B_{\min}) 和垂直磁性膜的平均饱和磁化强度 (M_s) 有以表达式 $0.5 B_{\min} \cdot M_s \leq B_{s0} \cdot t$ ($t < 100\text{nm}$) 代表的

关系。

10. 一种包括垂直磁记录介质的磁记录装置，该垂直磁记录介质具有直接或经中间层形成在磁性背层膜上的垂直磁化膜，磁性背层膜包括层叠其中的多个软磁膜以及一个记录与再现头，其中磁性背层膜中第 m 个软磁膜的饱和磁化强度 (BS_m) 和厚度 (T_m) 与记录头的磁极材料的饱和磁化强度 (BS_h) 和磁道宽度 (T_w) 有以表达式 $0.16 BS_h \cdot T_w < \sum (BS_m \cdot T_m)$ 代表的关系。

11. 一种包括垂直磁记录介质的磁记录装置，该垂直磁记录介质具有直接或经中间层形成在磁性背层膜上的垂直磁化膜，磁性背层膜包括层叠其中的多个软磁膜以及一个记录与再现头，其中磁性背层膜中第 m 个软磁膜的饱和磁化强度 (BS_m) 和厚度 (T_m) 与记录头的磁极材料的饱和磁化强度 (BS_h) 和磁道宽度 (T_w) 有以表达式 $\sum (BS_m \cdot T_m) < BS_h \cdot T_w$ 代表的关系。

12. 根据权利要求 9 的垂直磁记录装置，其中垂直磁记录介质的软磁膜包含 Fe-Si-B, Fe-B-C, Fe-B-C-Si, Fe-Ta-C, Fe-Si-Al, Fe-Co-C, Co-Nb-Zr, Co-Mo-Zr, Co-Ta-Zr, Co-W-Zr, Co-Nb-Hf, Co-Mo-Hf, Co-Ta-Hf 和 Co-W-Hf 合金。

13. 根据权利要求 10 的垂直磁记录装置，其中垂直磁记录介质的软磁膜包含 Fe-Si-B, Fe-B-C, Fe-B-C-Si, Fe-Ta-C, Fe-Si-Al, Fe-Co-C, Co-Nb-Zr, Co-Mo-Zr, Co-Ta-Zr, Co-W-Zr, Co-Nb-Hf, Co-Mo-Hf, Co-Ta-Hf 和 Co-W-Hf 合金。

14. 根据权利要求 11 的垂直磁记录装置，其中垂直磁记录介质的软磁膜包含 Fe-Si-B, Fe-B-C, Fe-B-C-Si, Fe-Ta-C, Fe-Si-Al, Fe-Co-C, Co-Nb-Zr, Co-Mo-Zr, Co-Ta-Zr, Co-W-Zr, Co-Nb-Hf, Co-Mo-Hf, Co-Ta-Hf 和 Co-W-Hf 合金。

on Magnetics 的 Vol. MAG-20, No. 5 的 663-668 页的题目为“垂直记录中的关键点”的文章中描述。为对付这个问题,提出一种在磁性背层膜下面形成纵向磁化膜的方法,该方法例如公开在 Magnetics Society of Japan Journal 的 Vol. 21 的增刊 No. S1 的第 104-108 页中的题目为“三层垂直介质的 S/N 改进和记录信号的稳定性”的文章中。这种建议并不总是能满足对以 40Gb/in^2 或更高的高密度进行磁记录的磁记录装置的进行商业化。

为确保来自记录的磁化的磁性信号强度,尽管双层垂直磁记录介质能保证几乎是没有任何软磁背层的单层垂直磁记录介质的信号强度的两倍大的信号强度,它有一个问题是带有上述软磁背层固有的尖峰噪声。在包括双层垂直记录介质和单磁极型记录头的磁记录系统中,必须提高记录头的记录效率以在通过垂直磁化膜后促使出现在记录磁极处的磁通快速回归到记录头。为此,软磁背层膜必须至少是用于记录的垂直磁化膜的几倍厚。

本发明的目标是提供一种用于实现 40Gb/in^2 或更高的高速高密度的记录密度的垂直磁记录介质以及促进高密度记录和再现装置的实现。这是通过确保(1)高密度磁记录性能,(2)来自记录的磁化的信号强度,(3)记录头的效率实现的,这些都是包括双层垂直磁记录介质和单磁极型记录头的磁记录系统的特性,还提供一种防止磁性背层中的固有的噪声产生的方法,这种噪声是迄今为止的一个大问题。

为实现具有低噪声性能、高记录效率的记录头和记录位的高信号输出信号的垂直磁记录介质,本发明由具有经磁性背层形成在非磁性基片上的垂直磁化膜的垂直磁记录介质来构成。其中磁性背层包括两个或多个至少被非磁性层分隔开的软磁膜,更靠近垂直磁化膜的软磁膜用作软磁保持层,用于保持垂直磁化,更靠近基片的软磁膜的磁化有不同于上述的软磁保持层的磁化取向。

在双层垂直磁记录介质中的磁性背层膜用来(1)在稳定记录在垂直磁化膜上的磁化时提高从介质表面泄漏的磁化强度和(2)提高记录头的记录效率。本发明人根据实验和研究发现传统的问题可用上述完整的特征通过在某种多层结构中增加软磁背层来解决。

将参考图 1 和 2 描述根据本发明的垂直磁记录介质的结构和效果。图 1 是根据本发明的垂直磁记录介质的剖面图;图 2 例示地表示出在 A-A 横截面和 B-B 横截面处软磁膜中的磁化取向。在本发明中,作为软磁背层膜的基本结构,使用

Mo-Zr, Co-Ta-Zr, Co-W-Zr, Co-Nb-Hf, Co-Mo-Hf, Co-Ta-Hf 和 Co-W-Hf 合金, 所有这些都能形成具有不低于 1T 的高饱和磁化强度的且是非晶或微晶的软磁膜。当这个材料是非晶或微晶时, 形成在其上的垂直磁化膜的晶粒也易于细化, 这种材料易于传递到高垂直磁各向异性。

作为插入在软磁膜之间的非磁性材料, 可使用从如下组成的一组中选出的元素: B, C, Mg, Si, Al, Ti, V, Cr, Cu, Zr, Nb, Mo, Ru, Hf, Ta, W 和 Au 以及包括这些原作为主要组分的合金, 也可使用一种从如下构成的一组中选择出的化合物: Si_3N_4 , BN, B_4C , NiO, Al_2O_3 , SiO_2 , CaO, ZrO_2 和 MgO 或者使用包括这些化合物的混合晶体。为提高磁记录的高频记录性能, 适合使用具有高电阻的非磁性材料, 即从如下构成的一组中选择出的材料: B, C, Si, Si_3N_4 , BN, B_4C , NiO, Al_2O_3 , SiO_2 和 CaO 或者包括任何这些材料作为主要组分的混合晶体材料。

图 1 是表示根据本发明的垂直磁记录介质的实施例的剖面图;

图 2 是表示软磁层中的磁化取向的剖面图;

图 3 是图示根据本发明的垂直磁记录介质的又一实施例的剖面图;

图 4 是表示磁记录介质的评估结果的曲线;

图 5 是表示磁记录介质的评估结果的曲线;

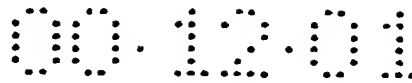
图 6 是图示根据本发明的垂直磁记录介质的又一实施例的剖面图;

图 7 是图示根据本发明的垂直磁记录介质的又一实施例的剖面图;

图 8 是表示磁记录介质的评估结果的曲线。

参考序号 11 表示基片, 12 表示反铁磁材料膜, 13 是软磁膜, 14 是非磁性材料层, 15 是软磁膜, 16 是非磁性膜, 17 是软磁膜, 18 是垂直磁化膜, 19 是保护膜, 20 是磁化取向, 21 是磁化取向, 31 是基片, 32 是非磁性膜, 33 是软磁膜, 34 是非磁性膜, 35 是软磁膜, 36 是非磁性膜, 37 是软磁膜, 38 是用于控制垂直磁化膜的晶粒生长的膜, 39 是垂直磁化膜, 40 是保护膜, 61 是基片, 62 是非磁性膜, 63 是铁磁层, 64 是软磁膜, 65 是非磁性膜, 66 是软磁膜, 67 是非磁性膜, 68 是非磁性膜, 69 是垂直磁化膜, 70 是垂直磁化膜, 71 是保护膜, 72 是基片, 73 是反铁磁材料膜, 74 是软磁膜, 75 是非磁性膜, 76 是软磁膜, 77 是非磁性膜, 78 是软磁膜, 79 是非磁性膜, 80 是垂直磁化膜, 81 是保护膜。

参考附图给出下面的实施例以进一步图示本发明。



一种结构，包括用于在稳定记录在垂直磁化膜上的磁化时提高从介质表面泄漏的磁化强度的软磁膜 17、为了特定地提高记录头的记录效率而提供的软磁膜 13 和 15 以及插入在膜 17 与膜 13 和 15 之间的非磁性层 16。图 1 表示具有后者类型的两个软磁膜的结构。

已知双层垂直记录介质中固有的尖峰噪声是由于软磁背层膜中产生的磁畴边界产生的。在本发明中，如图 2 所示，使占据软磁背层膜的主要部分的软磁膜 13 和 15 的磁化取向 20 和 21 彼此反平行，当基片 11 为盘形式时，磁化取向可平行于盘基片的周围方向而被校直。通过设定周围方向上的磁化取向，可抑制引起噪声的磁畴边界的产生。而且，如图 1 所示，经非磁性层 14 彼此相邻的软磁膜 13 和 15 的特征在于它们适合于磁耦合，从而考虑磁性能量它们成反平行。甚至在形成两个或多个磁性膜时，上面的反平行关系易于建立。要求粘结强化层 12 通常形成在基片 11 与第一软磁膜 13 之间。通过形成大量的层 12 并组合用来固定软磁膜的磁化取向反铁磁膜与铁磁膜到该大量层中，可获得更理想的实际效果。

为限定盘基片的周围方向中的软磁膜的磁化取向，可在形成薄膜期间或之后施加在盘基片的周围方向上自旋的磁场。这是通过利用把电导线以直角放置在使电导线通过盘的中央部分中形成的孔的这样一个位置并通过导线通过电流时在导线周围产生同心圆形式的磁场而引起的现象实现的。

而且，在这些软磁膜 13 和 15 上，经非磁性膜 16 形成用于在稳定记录在垂直磁化膜 18 上的磁化时提高从介质表面泄漏的磁化强度的软磁层 17。软磁膜 17 不仅用于提高记录头的记录效率，如记录头进行的磁记录中的上述软磁膜一样，而且还通过相应于图 1 所示的垂直磁化膜 18 中形成的磁畴下面的记录的磁化的状态形成闭合磁路来稳定记录的磁化。这个软磁膜 17 通过形成磁性连续的马鞍状磁体并通过形成在磁畴下面的垂直磁化膜 18 中的相邻磁畴放大来自介质表面的磁化强度。

如上所述使用的软磁膜 17 不必要象传统的已知软磁膜一样厚。而且，用于控制垂直磁化膜的晶体生长的膜可被形成于软磁膜 17 与垂直磁化膜 18 之间。但是，利用双层垂直磁化膜的特性，必须小心诸如确保用于控制垂直晶体生长的膜的厚度应被设置得比磁记录中的最短位长度薄。而且，为不恶化磁记录性能，该膜最好由具有不高于 50emu/cc 的饱和磁化强度的弱磁性材料或非磁性材料制

成。

根据本发明人进行的实验和研究发现,当形成在垂直磁性膜下面的软磁膜的饱和磁化强度和厚度被分别限定为 B_{s0} 和 t 时,放大来自介质表面的磁化强度而不允许有显著的尖峰噪声发生的条件取决于磁记录的线记录密度。当磁记录中的最短位长和垂直磁性膜的平均饱和磁化强度分别被限定为 B_{min} 和 M_s 时,必须满足 $0.5 B_{min} \cdot M_s < B_{s0} \cdot t$ 。例如,当最大线记录密度被限定为 500kFCI(每英寸千个通量变化)、垂直磁性膜的平均饱和磁化强度为 0.4T 并且软磁膜的饱和磁化强度为 1T 时,它的厚度满足 $10nm < t$ 。当 $B_{s0} \cdot t$ 小于 $0.5 B_{min} \cdot M_s$ 时,上面的效果变弱,来自介质表面的磁化强度降低到几乎与使用单层垂直记录介质时相同的值。而且, t 的最大值并不非常依赖于记录密度和软磁膜的饱和磁化强度,当它大于或等于 100nm 时,软磁膜的厚度增加,易于形成与关于提供给软磁膜的垂直磁化的信息无关的磁畴并且这些磁畴称为噪声源。而且,具有较大饱和磁化强度 B_{s0} 的软磁材料最好被使用以通过降低膜的厚度引起输出放大的效果。有效的是使用具有大于用来促进安装在基片侧的磁头的记录效率的软磁膜的饱和磁化强度的饱和磁化强度的材料。

另外,当包括形成在垂直磁化膜附近的软磁膜的第 n 层软磁膜的厚度和饱和磁化强度被分别限定为 T_n 和 B_{s_n} 时,考虑用于记录头的磁极材料的饱和磁化强度 (B_{s_h}) 和磁道宽度 (T_w),要求满足 $0.16 B_{s_h} \cdot T_w < \sum (B_{s_n} \cdot T_n)$ 。当 $0.16 B_{s_h} \cdot T_w > \sum (B_{s_n} \cdot T_n)$ 时,出现这样的问题,即记录头的记录效率降低并且记录恶化变显著。另外,尽管记录效率随着软磁膜的总厚度增加而提高,膜厚度的增加伴随有介质表面等上的粗糙程度增加。因此,要求满足 $\sum (B_{s_n} \cdot T_n) < B_{s_h} \cdot T_w$ 。

作为用在本发明中的垂直磁化膜,可使用任何传统已知类型的垂直磁化膜。即,作为垂直磁化膜,可使用 Co 合金、Co-Pt 合金和 Fe-Pt 合金的多晶膜、Co-Co 合金和 Pt-Pt 合金的多晶多层膜、Co-Co 合金和 Pd-Pd 合金的多晶多层膜等。而且也可使用包括含有稀土元素的非晶膜的垂直磁化膜。

作为软磁材料,使用 Fe 族基合金,如 Fe-Ni, Fe-Si, Fe-Al, Fe-Al-Si 和 Fe-Cr 合金; Ni 族基合金,如 Ni-Fe, Ni-Mn 合金; Co 族基合金,如 Co-Nb, Co-Zr 和 Co-Fe 合金或表示为 $MO \cdot Fe_3O_4$ ($M=Fe, Mn, Ni, Co, Mg, Zn$ 或 Cd) 的软铁氧体。尤其作为形成在垂直磁化膜附近的软磁膜,适合使用 Fe 族基合金,如 Fe-Ta-C, Fe-Si-Al, Fe-Co-C, Fe-Si-B, F-B-C 和 F-B-C-Si 合金; Co 族基合金,如 Co-Nb-Zr, Co-

[实施例 1]

具有图 1 的简图所示的横截面结构的磁记录介质使用 2.5 英寸的直径的玻璃基片通过直流磁控管溅射来制造。在基片 11 上, 在溅射 Ar 气压为 3mTorr、溅射功率为 20W/cm² 并且基片温度是 250 度的条件下, 顺序形成厚度为 50nm 的 Fe-50at%Mn 反铁磁材料膜 12、作为软磁层 13 的厚度为 50 nm 的 Co-5at%Nb-5at%Zr 膜、作为非磁性材料层 14 的厚度为 3nm 的 Cu 膜、作为软磁层 15 的厚度为 50 nm 的 Co-5at%Nb-5at%Zr 膜、作为非磁性膜 16 的厚度为 10nm 的 Cu 膜、作为软磁膜 17 的具有 1.6T 的饱和磁化强度和 30nm 厚度的 Fe-8at%Si-10at%B 膜、作为垂直磁化膜 18 的厚度为 25nm 的 Co-20at%Cr-8at%Pt-3at%B 膜、作为保护膜 19 的厚度为 5nm 的碳膜。

在相同条件下, 制造与上述相同的垂直介质, 除了使用 Fe-10at%B-2at%C、Fe-8at%B-2at%C-4at%Si、Fe-5at%Ta-3at%C、Fe-9at%Si-5at%Al-1at%Ni、Co-5at%Fe-4at%C 和 Co-6at%Fe-4at%B-10at%Si 合金作为紧靠垂直磁化膜 18 的下面形成的软磁膜 17。

在相同溅射条件下通过在玻璃基片上形成包括单层 300nm 厚的 Ni-20at%Fe 坡莫合金的软磁背层膜、厚度为 25nm 的 Co-20at%Cr-8at%Pt-3at%B 膜以及作为保护膜 19 的 5nm 厚的碳膜而制造出比较样品介质 1。垂直磁记录介质作为比较样品介质 2 通过在软磁膜与比较样品介质 1 之间形成 Fe-50at%Mn 的反铁磁材料膜而制造。

这样制造的垂直磁记录介质在磁场中被加热来在盘的周边方向上传递磁化到其软磁膜。样品介质被放置在真空加热器中加热, 电导线通过垂直于盘表面的盘的中央部分中的孔中。通过产生在盘的周边方向上自旋的磁场而在磁场中执行热处理, 这个磁场是通过把电流通过导线产生的, 同时把样品介质的温度从 250 度降低到室温。当软磁膜的磁化取向使用光学克尔效应由显微镜观察到时, 观察到磁化取向, 包括比较样品介质, 几乎被校正为平行于盘的周边方向, 如图 2 所示。

然后, 这些样品介质的记录/再现性能使用独立型记录/再现磁头来评估。单磁极型记录头的 Fe-Ni 合金磁极的磁道宽度是 0.52 微米, 用于再现的巨磁电阻效应 (GMR) 磁头的轨道宽度是 0.4 微米, 屏蔽间距是 0.08 微米, 在测量时的间隔是 0.02 微米。当以 400kFCI 执行磁记录时的介质的 S/N 被测量为对于比

使用 GMR 磁头作为再现设备的 2.5 英寸磁记录装置通过使用在本例中制造的磁记录介质来制造。在 40Gb/in^2 的面记录密度下保证了 10^{-9} 的出错率，并且确认该装置能作为超高密度记录与再现装置操作。

[实施例 2]

具有图 3 的简图所示的横截面结构的垂直磁记录介质使用 2.5 英寸的直径的硅基片通过磁控管溅射来制造。在基片 31 上，顺序层状形成厚度为 10nm 的 Cr 膜作为加强薄膜的粘结的非磁性膜 32、作为软磁膜 33 的厚度为 10nm 的 Fe-50at%Co 膜以及作为非磁性膜 34 的厚度为 3nm 的 Ru 膜。以这个顺序将这些膜形成 9 次。之后，成层厚度为 10nm 的 Fe-50at%Co 膜 35，作为非磁性膜 36 形成 5nm 厚的 Al_2O_3 膜。接着，作为软磁膜 37 形成 50nm 厚的 Fe-5at%Ta-12at%C 膜（饱和磁化强度： 1.6T ）、作为控制垂直磁化膜的晶体生长的膜 38 的 10nm 厚的 Ti-5at%Cr 膜、作为垂直磁化膜 39 的 25nm 厚的 Co-20at%Cr-8at%Pt-3at%B 膜（饱和磁化强度： 0.4T ）以及作为保护膜 40 的厚度为 5nm 的碳膜。垂直磁记录介质在溅射 Ar 气压为 3mTorr 、溅射功率为 10W/cm^2 并且基片温度是 310 度的条件下制造。在相同条件下，制造与上述相同的样品介质，除了形成在垂直磁化膜附近的 Fe-4at%Ta-3at%Si-2at%的软磁膜 37 的厚度在 0 到 300nm 之间变化。

这样制造的垂直磁记录介质在磁场中被加热来在盘的周边方向上传递磁化到其软磁膜。样品介质被放置在真空加热器中加热，电导线通过垂直于盘表面的盘的中央部分中的孔中。通过产生在盘的周边方向上自旋的磁场而在磁场中执行热处理，这个磁场是通过把电流通过导线产生的，同时把样品介质的温度从 250 度降低到室温。当软磁膜的磁化取向使用光学克尔效应在盘的周边部分的横截面处由显微镜观察到时，观察到软磁膜的磁化经非磁性层彼此反平行，并且几乎被校正为平行于盘的周边方向。

而且，通过在 2.5 英寸的直径的硅基片上形成作为控制垂直磁化膜的晶体生长的膜 38 的 10nm 厚的 Ti-5at%Cr 膜、作为垂直磁化膜 39 的 25nm 厚的 Co-20at%Cr-8at%Pt-3at%B 膜（饱和磁化强度： 0.4T ）以及作为保护膜 40 的厚度为 5nm 的碳膜而形成作为比较样品介质的单层垂直磁记录介质。这里使用的术语“单层垂直磁记录介质”意味着没有上述背层的单层垂直磁记录介质。

然后，具有软磁膜的垂直磁记录介质的记录/再现性能使用独立型记录/再现磁头来评估。单磁极型记录头的 Fe-Ni 合金磁极的磁道宽度是 0.52 微米，用

较样品介质 1 的 S/N 的相对值。记录分辨率被测量为线记录密度 D_{50} ，其是隔离的读出脉冲的振幅的一半。对于记录磁化密度，以 400kFCI 的记录信号输出被测量为对于比较样品介质 1 的相对输出。而且，当每一磁道上检测到至少发生一次尖峰噪声时，尖峰噪声的发生频率以“?”来测量和评估；当在搜索盘的记录表面的同时，检测到至少发生一次尖峰噪声时，尖峰噪声的发生频率以“△”来测量和评估；没有检测到发生尖峰噪声时以“○”来测量和评估。这些测量结果表示在表 1 中。

表 1

样品				写入—读出性能			
No.	Fe-50at%Mn 膜(50nm)	基片侧的软磁 膜	垂直磁化的膜侧的软 磁膜(厚度)	尖峰 噪声	S/N(相 对值)	分辨率 D50 (kFCI)	磁化强度 (相对值)
1	存在	Co-5at%Nb- 5at%Zr 2 层 (50nm×2)	Fe-8at%Si-10at%B (30nm)	○	1.31	295	1.5
2	存在	同上	Fe-10at%B (30nm)	○	1.30	290	1.3
3	存在	同上	Fe-8at%B-2at%C- 4at%Si (30nm)	○	1.33	310	1.4
4	存在	同上	Fe-5at%Ta-3at%C (30nm)	○	1.29	285	1.5
5	存在	同上	Fe-9at%Si-5at%Al- 1at%Ni (30nm)	○	1.33	325	1.5
6	存在	同上	Co-5at%Fe-4at%C (30nm)	○	1.31	298	1.3
7	存在	同上	Co-6at%Fe-4at%B- 10at%Si (30nm)	○	1.34	314	1.4
对照样品 1 不存在	Ni-20at%Fe 单层膜 (300nm)			×	1.0	240	1.0
对照样品 2 存在	Ni-20at%Fe 单层膜 (300nm)			△	1.15	245	1.1

发现本例的磁记录介质尤其与比较例相比更不可能发生尖峰噪声，并且表现出改进的 S/N、记录分辨率和再现输出，还发现它们正是作为高密度磁记录介质所需要的。



于再现的巨磁电阻效应 (GMR) 磁头的轨道宽度是 0.4 微米, 屏蔽间距是 0.08 微米, 在测量时的间隔是 0.15 微米。而且, 对于作为比较样品介质的单层垂直磁记录介质的磁记录, 具有 0.52 微米的磁道宽度的薄膜环形磁头在与上述相同的间隔条件下使用。为检测单层垂直介质的再现输出, 以 0.15 微米的间隔使用巨磁电阻效应 (GMR) 磁头磁道宽度: 0.4 微米, 屏蔽间距: 0.08 微米。当以 250kFCI 和 500 kFCI 执行磁记录时再现输出被测量并且与单层垂直介质的再现输出比较。而且测量具有软磁膜的垂直磁记录介质发生尖峰噪声的频率。在这个测量中, 测量磁盘样品的每一个磁道发生尖峰噪声的数目。通过在磁盘的径向上以 1 微米间距移动磁头的位置而测量 10 个磁道上发生尖峰噪声的数目。在单层垂直介质的情况下, 检测不到这个尖峰噪声。这些测量的结果表示在图 4 和 5 中。

对于记录信号的再现输出与软磁膜的厚度之间的关系, 看到一种趋势是随着软磁膜的厚度增加再现输出提高, 如图 4 所示。当在线记录密度是 500kFCI 时薄膜厚度为 6nm 或更大时或者当在线记录密度是 250kFCI 时薄膜厚度为 12nm 或更大时再现输出至少是单层垂直介质的记录信号的 1.25 倍那么大, 并且由于软磁背层引起的标记 (marked) 效应被识别出。对于尖峰噪声发生频率, 发现当软磁膜厚度为 100nm 或更大时 10 个磁道上至少发生一次尖峰噪声, 如图 5 所示。

即, 当磁记录中的最短位长和垂直磁性膜的平均饱和磁化强度分别被表示为 B_{min} 和 M_s 时, 必须满足 $0.5 B_{min} \cdot M_s \leq B_s \cdot t$ 以获得至少是在单层垂直磁化膜上记录时的 1.25 倍大的再现输出, 并且当软磁膜的厚度变为大致 10nm 或更大时识别出显著的尖峰噪声发生频率。

另外, 通过使用本例中制造的磁记录介质来制造使用 GMR 磁头作为再现设备的 2.5 英寸磁记录装置。在 $40\text{Gb}/\text{in}^2$ 的面记录密度下保证了 10^{-9} 的出错率, 其中该面记录密度包括 500kBPI (每英寸的位) 的最大线记录密度和 80kTPI (每英寸的磁道) 的磁道密度, 并且确认该装置能作为超高密度记录与再现装置操作。

[实施例 3]

具有图 6 的简图所示的横截面结构的垂直磁记录介质使用 2.5 英寸的直径的玻璃基片通过磁控管溅射来制造。在基片 61 上, 连续形成厚度为 10nm 的 Cr 非磁性层 62、厚度为 15nm 的 Co-21at%Cr-12at%Pt-2at%Ta 铁磁层 63、厚度为 150nm 的 Co-6at%Nb-3at%Zr 软磁膜 64、厚度为 8nm 的 Si-15at%B 非磁性膜 65、厚度为 40nm 的 Fe-4at%Si-3at%Al 软磁膜 66、厚度为 5nm 的 Si 非磁性膜 67、厚度

表 2

样品	构成介质的磁性膜			写入-读出性能		
	软磁膜	垂直磁性膜		分辨率150 (MFL)	S/N(相对值)	尖峰噪声
1	Co-6at5Nb-3at5Zr (150nm)	Fe-4at5Si-3at5Al (40nm)	Co-21at5Cr-12at5Pt-2at5Ti (20nm)	315	1.43	○
2	Co-6at5Nb-3at5Zr (150nm)	Fe-4at5Si-3at5Al (40nm)	Co-50at5Pt (20nm)	275	1.21	○
3	Co-6at5Nb-3at5Zr (150nm)	Fe-4at5Si-3at5Al (40nm)	Fe-50at5Pt (20nm)	286	1.20	○
4	Co-6at5Nb-3at5Zr (150nm)	Fe-4at5Si-3at5Al (40nm)	((Co:2nm)/(Pt:1nm)) ₁₀	284	1.22	○
5	Co-6at5Nb-3at5Zr (150nm)	Fe-4at5Si-3at5Al (40nm)	((Co-16at5Cr-4at5Ti:2nm)/(Pt:1nm)) ₁₀	298	1.26	○
6	Co-6at5Nb-3at5Zr (150nm)	Fe-4at5Si-3at5Al (40nm)	((Co-20at5Cr-6at5B:2nm)/(Pt:1nm)) ₁₀	294	1.30	○
7	Co-6at5Nb-3at5Zr (150nm)	Fe-4at5Si-3at5Al (40nm)	Tb-12at5Fe-16at5Co (: 25nm)	283	1.29	○
8	Co-6at5Nb-3at5Zr (150nm)	Co-6at5Nb-2at5Zr (40nm)	Co-21at5Cr-12at5Pt-2at5Ti (20nm)	310	1.41	○
9	Co-6at5Nb-3at5Zr (150nm)	Co-4.5at5Ti-3at5Zr (40nm)	Co-21at5Cr-12at5Pt-2at5Ti (20nm)	312	1.46	○
10	Co-6at5Nb-3at5Zr (150nm)	Co-4at5Nb-3at5Zr (40nm)	Co-21at5Cr-12at5Pt-2at5Ti (20nm)	305	1.44	○
11	Co-6at5Nb-3at5Zr (150nm)	Co-4at5Pt-3at5Zr (40nm)	Co-21at5Cr-12at5Pt-2at5Ti (20nm)	302	1.35	○
12	Co-6at5Nb-3at5Zr (150nm)	Co-4at5Nb-3at5Hf (40nm)	Co-21at5Cr-12at5Pt-2at5Ti (20nm)	311	1.31	○
13	Co-6at5Nb-3at5Zr (150nm)	Co-3.5at5Ti-2at5Hf (40nm)	Co-21at5Cr-12at5Pt-2at5Ti (20nm)	298	1.29	○
14	Co-6at5Nb-3at5Zr (150nm)	Co-3at5Nb-3at5Hf (40nm)	Co-21at5Cr-12at5Pt-2at5Ti (20nm)	316	1.30	○
15	Co-6at5Nb-3at5Zr (150nm)	Co-3.2at5Pt-3at5Hf (40nm)	Co-21at5Cr-12at5Pt-2at5Ti (20nm)	321	1.33	○
16 (比较)	Co-6at5Nb-3at5Zr (200nm)	—	Co-21at5Cr-12at5Pt-2at5Ti (20nm)	265	1.0 (基准)	×

为 5nm 的 Co-35at%Cr-15at%Ru 非磁性膜 68、厚度为 20nm 的 Co-21at%Cr-12at%Pt-2at%Ta 垂直磁化膜 69 以及作为保护膜的厚度为 4nm 的碳膜，以形成垂直磁记录介质。靠近基片形成的软磁膜的饱和磁化强度是 1T，靠近垂直磁化膜形成的软磁膜的饱和磁化强度是 1.4T，把后者的饱和磁化值设置得更大。

另外，垂直磁记录介质被制造成与上述相同的结构，除了代替上述 Fe-4at%Si-3at%Al 软磁膜 66 而形成 Co-5at%Nb-2at%Zr 膜、Co-4.5at%Ta-3at%Zr 膜、Co-4at%Mo-3at%Zr 膜、Co-4at%W-3at%Zr 膜、Co-4at%Nb-3at%Hf 膜、Co-3.5at%Ta-2at%Hf 膜、Co-3at%Mo-3at%Hf 膜和 Co-3.2at%W-3at%Hf 膜，它们都具有不低于 1.1T 的饱和磁化强度。

另外，垂直磁记录介质被制造成与上述相同的结构，除了代替图 6 所示的层状垂直磁化膜 69 和 70 而形成 Co-50at%Pt 单层膜（膜厚 20nm）、Fe-50at%Pt 单层膜（膜厚 20nm）、 $\{(Co:2nm)/(Pt:1nm)\}_{10}$ 多层膜、 $\{(Co-16at\%Cr-4at\%Ta:2nm)/(Pt:1nm)\}_{10}$ 多层膜、 $\{(Co-20at\%Cr-6at\%B:2nm)/(Pd:1nm)\}_{10}$ 多层膜和 Tb-12at%Fe-15at%Co 非晶垂直磁化膜（膜厚：25nm）。对于多层膜的表达式，例如在 $\{(Co:2nm)/(Pt:1nm)\}_{10}$ 多层膜中，表达式表示一种具有 10 对的结构，其中每对层叠有厚度为 2nm 的 Co 膜和 1nm 厚的 Pt 膜。

这样制造的垂直磁记录介质在磁场中被加热来在盘的周边方向上传递磁化到其软磁膜。样品介质被放置在真空加热器中加热，电导线通过垂直于盘表面的盘的中央部分中的孔中。通过产生在盘的周边方向上自旋的磁场而在磁场中执行热处理，这个磁场是通过把电流通过导线产生的，同时把样品介质的温度从 300 度降低到室温。当软磁膜的磁化取向使用光学克尔效应在盘的周边部分的横截面处由显微镜观察到时，观察到软磁膜的磁化几乎被校正为平行于盘的顺时针周边方向。

而且，通过在基片 61 上连续形成厚度为 10nm 的 Cr 非磁性层 62、厚度为 15nm 的 Co-21at%Cr-12at%Pt-2at%Ta 铁磁层 63、厚度为 200nm 的 Co-6at%Nb-3at%Zr 软磁膜 64、厚度为 5nm 的 Si 非磁性膜 67、厚度为 5nm 的 Co-35at%Cr-15at%Ru 非磁性膜 68、厚度为 20nm 的 Co-21at%Cr-12at%Pt-2at%Ta 垂直磁化膜 69、厚度为 2nm 的 Co-17at%Cr-16at%Pt 垂直磁化膜 70 以及作为保护膜的厚度为 4nm 的碳膜 71 而制造作为比较例的垂直磁记录介质。

然后，这些样品介质的记录/再现性能使用独立型记录/再现磁头来评估。

单磁极型记录头的 Fe-Ni 合金磁极的磁道宽度是 0.52 微米, 用于再现的巨磁电阻效应 (GMR) 磁头的轨道宽度是 0.4 微米, 屏蔽间距是 0.08 微米, 在测量时的间隔是 0.02 微米. 当以 400kFCI 执行磁记录时的介质的 S/N 被测量为对于比较样品介质的 S/N 的相对值. 记录分辨率被测量为线记录密度 D_{lo} , 其是隔离的读出脉冲的振幅的一半. 对于记录磁化密度, 以 400kFCI 的记录信号输出被测量为对于比较样品介质的相对输出. 而且, 当每一磁道上检测到至少发生一次尖峰噪声时, 尖峰噪声的发生频率以 “?” 来测量和评估; 当其发生不小于 0.1 并且小于 1 的尖峰噪声时, 以 “○” 来测量和评估; 其发生小于 0.1 时以 “○” 来测量和评估. 这些测量结果表示在表 2 中. 偶尔, 在表 2 中, 例如 $\{(\text{Co:2nm})/(\text{Pt:1nm})\}_{10}$ 表达式表示一种具有 10 对的多层结构, 其中每对层叠有厚度为 2nm 的 Co 膜和 1nm 厚的 Pt 膜.

发现本例的磁记录介质尤其与比较例样品介质相比更大的分辨率和 S/N 并且更不可能发生易于从软磁背层膜发生的尖峰噪声, 因此还发现它们正是作为高密度磁记录介质所需要的。

使用高敏感再现头作为再现设备的 2.5 英寸磁记录装置通过使用在本例中制造的磁记录介质来制造, 其中再现头中使用了磁隧道现象, 在 40Gb/in² 的记录密度下保证了 10⁻⁸ 的出错率, 并且确认该装置能作为超高密度记录与再现装置操作。

[实施例 4]

具有图 7 的简图所示的横截面结构的垂直磁记录介质通过在 1.8 英寸的直径的玻璃基片上形成厚度为 20nm 的 NiO 反铁磁材料膜 73、厚度为 100nm 的 Fe-25at%Ni 软磁膜 74、厚度为 5nm 的 Si₃N₄ 非磁性膜 75、厚度为 100nm 的 Co-6at%Nb-3at%Zr 软磁膜 76、厚度为 5nm 的 SiO₂ 非磁性膜 77、20nm 厚度的 Fe-5at%Ta-10at%C 软磁膜 78、厚度为 5nm 的 Ge 膜 79、厚度为 20nm 的 Co-18at%Cr-12at%Pt-1at%Si-3at%B 垂直磁化膜 80 以及厚度为 5nm 的碳保护膜 81。

而且, 制造与上述相同结构的垂直磁记录介质, 除了使用 B, C, Mg, Al, Si, Ti, V, Cr, Cu, Zr, Nb, Mo, Ru, Hf, Ta, W, Au, Al-10at%Mg, Si-2at%Ti, Ti-15at%V, Cu-5at%Ag, Au-50at%Ag, BN, B₄C, NiO, Al₂O₃, SiO₂, CaO, ZrO₂, MgO-CaO, SiO₂-ZrO₂ 和 SiO₂-CaO 代替上述 Si₃N₄ 非磁性膜 75 作为非磁性材料膜, 此后, 作为比较样品介质, 通过直接在类似于上述使用的玻璃基片上形成 200nm 厚的 Fe-25%Ni 单层膜, 然后再形成 5nm 厚的 Ge 膜, 20nm 厚的 Co-18at%Cr-12at%Pt-1at%Si-3at%B 垂直磁化膜和 5nm 厚的碳保护膜而制造垂直磁记录介质。这些垂直磁记录介质以与例 3 相同的方式在磁场中被热处理。在与例 1 相同的条件下测量这些磁记录介质的介质 S/N 和尖峰噪声。结果表示在表 3 中。

垂直磁记录介质的厚度与 O/W 性能之间的关系, 其中同时在 5 到 200nm 的范围内变化 Fe-Ni 软磁膜的厚度 ($T1nm$) 和 Co-Nb-Zr 软磁膜的厚度 ($T2nm$) (假设 $T1=T2$)。在图 8 的上部分中也示出 $\sum (Bs_n \cdot T_m)$ 值。偶尔, 在靠近垂直磁化膜形成的具有 20nm 厚的 Fe-5at%Ta-10at%C 软磁膜的 $\sum (Bs_n \cdot T_m)$ 值也被集成。

从图 8 清楚看到, 随着记录头的磁道宽度变小, 良好的 O/W 性能在较小的厚度的软磁膜处获得。为满足作为有用的磁记录装置所需要的表达式 $O/W > 30dB$, 发现必须满足 $0.16 Bs_n \cdot Tw < \sum (Bs_n \cdot T_m)$ 。当 $0.16 Bs_n \cdot Tw > \sum (Bs_n \cdot T_m)$, 作为用于记录头的磁性材料的饱和磁化强度 (Bs_n) 与磁道宽度 (Tw) 与垂直磁记录膜的软磁膜的饱和磁化强度之间的关系。即, 从单磁极型记录头的记录效率的角度看, 有效的是相对于目标面记录密度调整组装到垂直磁记录介质中的软磁膜的厚度和磁化程度。为使磁记录介质的表面水平, 需要确认软磁膜的总厚度尽可能小, 并且基本上满足由 $\sum (Bs_n \cdot T_m) < Bs_n$ 表达式限定的范围, 出现这样的问题, 即记录头的记录效率降低并且记录恶化变显著。另外, 尽管记录效率随着软磁膜的总厚度增加而提高, 膜厚度的增加伴随有介质表面等上的粗糙程度增加。因此, 要求满足 $0.16 Bs_n \cdot Tw < \sum (Bs_n \cdot T_m)$ 。

当使用本例中形成的并包括 50nm 厚的 Fe-Ni 软磁膜、50nm 厚的 Co-Nb-Zr 软磁膜和 20nm 的 Fe-Ta-C 软磁膜的垂直磁记录介质和具有 0.15 微米的记录磁道宽度以及 0.14 微米的再现磁道宽度的独立型记录/再现磁头以 $80Gb/in^2$ 的面记录密度测量出错率时获得 10^{-6} 或更小的出错率。

根据本发明, 双层垂直磁记录介质的噪声性能和磁头的记录效率被提高了, 从而可实现能够高速和高密度, 尤其是 $40Gb/in^2$ 或更大的高密度磁记录的磁盘存储设备, 并且有助于装置尺寸的降低和其容量的增加。

表 3

样品		记录—再现性能	
序号	非磁性膜材料	尖峰噪声	S/N (相对值)
1	Si ₃ N ₄	○	1.32
2	B	○	1.31
3	C	○	1.34
4	Mg	○	1.29
5	Al	○	1.35
6	Si	○	1.36
7	Ti	○	1.30
8	V	○	1.28
9	Cr	○	1.29
10	Cu	○	1.30
11	Zr	○	1.32
12	Nb	○	1.34
13	Mo	○	1.33
14	Ru	○	1.38
15	Hf	○	1.36
16	Ta	○	1.32
17	W	○	1.29

样品		记录—再现性能	
序号	非磁性膜材料	尖峰噪声	S/N (相对值)
18	Au	○	1.31
19	Al-10at%Mg	○	1.36
20	Si-2at%Ti	○	1.36
21	Ti-15at%V	○	1.33
22	Cu-5at%Ag	○	1.35
23	Au-50at%Ag	○	1.39
24	BN	○	1.34
25	B ₄ C	○	1.37
26	NiO	○	1.35
27	Al ₂ O ₃	○	1.36
28	SiO ₂	○	1.32
29	CaO	○	1.27
30	ZrO ₂	○	1.29
31	MgO-CaO	○	1.32
32	SiO ₂ -ZrO ₂	○	1.33
33	SiO ₂ -CaO	○	1.30
比较	不存在	×	(1.0)

从表 3 的实验结果明显看到, 与比较例相比, 根据本发明的垂直磁记录介质降低尖峰噪声的发生并把介质 S/N 提高 20%到 40%。而且, 通过磁力显微镜和洛仑兹型电子显微镜观察到在根据本发明的垂直磁记录介质和比较例的横截面的磁化状态。结果确认根据本发明的所有垂直磁记录介质有图 7 的简图所示的磁化状态。另一方面, 在比较例中, 尤其在软磁膜中观察到与关于记录磁化的信息无关的若干个磁畴边界。假设在评估记录一再现性能时这种磁畴边界被观察为尖峰噪声。

[例 5]

大量具有图 7 所示的横截面结构的垂直磁记录介质以与例 4 相同的方式通过在 1.8 英寸直径的玻璃基片 72 上形成 10nm 厚的 Fe-50at%Pt 铁磁膜 73、厚度为 T1nm 的 Fe-25at%Ni 软磁膜 74、厚度为 5nm 的 Cu 非磁性膜 75、厚度为 T2nm 的 Co-6at%Nb-3at%Zr 软磁膜 76、厚度为 5nm 的 SiO₂ 非磁性膜 77、20nm 厚度的 Fe-5at%Ta-10at%C 软磁膜 78、厚度为 5nm 的 Ti-10at%Cr 膜 79、厚度为 20nm 的 Co-18at%Cr-12at%Pt-1at%Si-3at%B 垂直磁化膜 80 以及厚度为 5nm 的碳保护膜 81 并在 5 到 200nm 的范围内变化 Fe-25at%Ni 软磁膜 74 与 Co-6at%Nb-3at%Zr 软磁膜 76 的厚度 (T1nm 和 T2nm) 制造。

当在本例中使用的软磁膜的饱和磁化强度被测量时, Fe-25at%Ni 软磁膜和 Co-6at%Nb-3at%Zr 软磁膜的饱和磁化强度是 1T, Fe-5at%Ta-10at%C 软磁膜的饱和磁化强度是 1.6T。这些垂直磁记录介质在与例 2 相同的条件下在磁场中被热处理, 从而软磁膜的磁化取向被限定为几乎在玻璃盘基片的周边方向上。

这些典型垂直磁记录介质的记录/再现性能使用独立型记录/再现磁头来评估。使用下面四个类型的磁头。尽管这四种不同类型的磁头使用不同类型的磁性材料和不同的磁极磁道宽度, 它们都有相同的巨磁电阻效应 (GMR) 再现磁头设备作为再现设备, 该设备的轨道宽度是 0.14 微米, 屏蔽间距是 0.07 微米。单磁极型记录头由 Fe-Co 磁极构成。其饱和磁化强度是 1.6T (磁道宽度是 0.15 微米, 0.30 微米, 0.50 微米或 1.0 微米)。在磁记录介质与磁头之间的 0.02 微米的间距测量记录/再现性能。在任何垂直磁记录介质中没有观察到尖峰噪声。

为对介质评估各个记录头的记录效率, 测量重写 (O/W) 性能。重写性能通过在高线记录密度信号 (400kFCI) 被首先写入在介质上并且在其上再重写低线记录密度 (100kCFI) 信号时测量高线记录密度信号的持久率来评估。图 8 表示

说明书附图

图 1

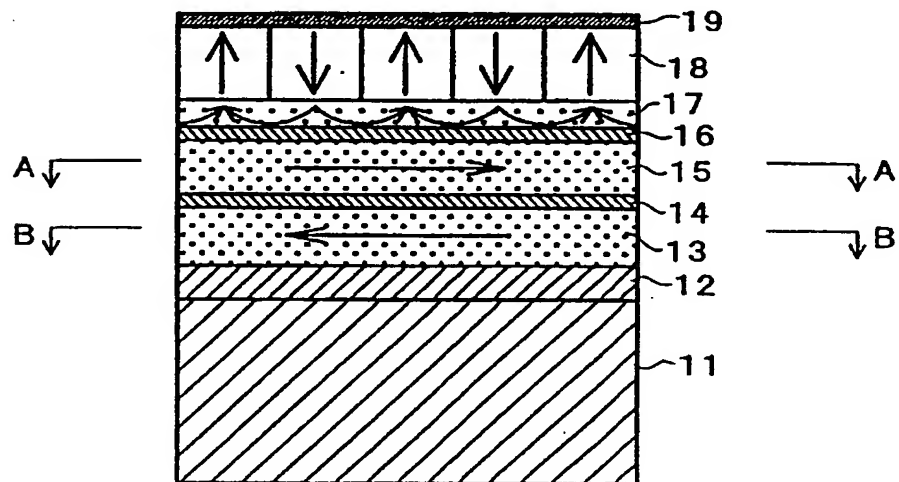


图 5

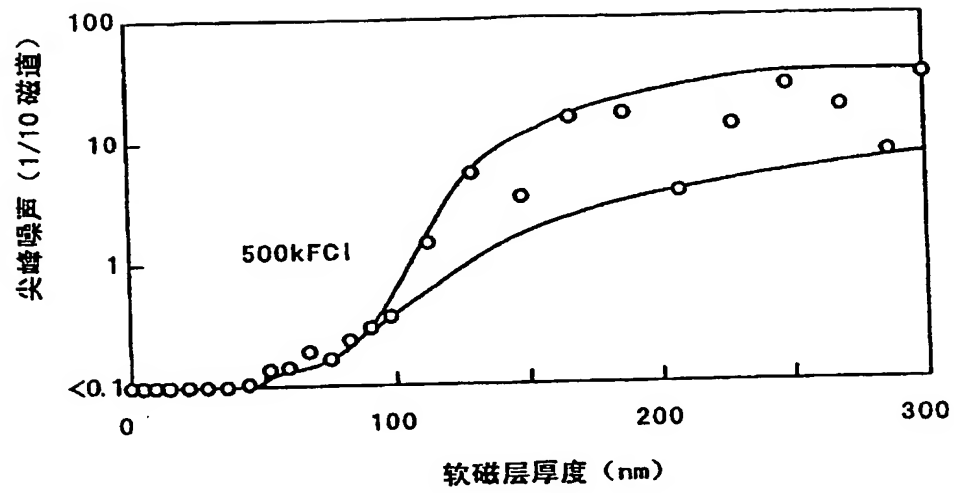


图 6

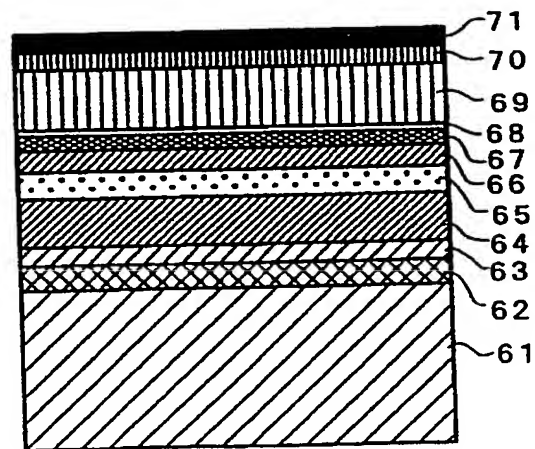
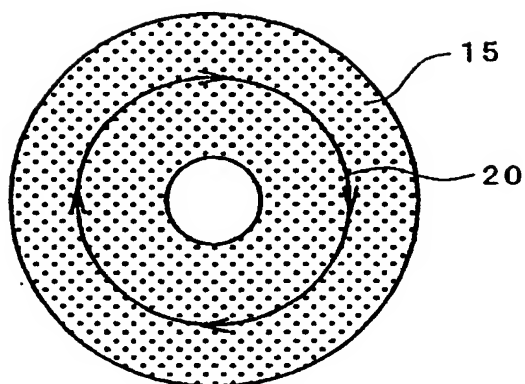
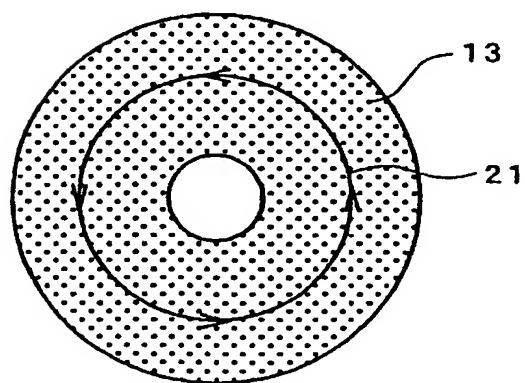


图 2



在图 1 中的 A-A 截面
观察到的软磁层中的
磁化取向（方向）



在图 1 的 B-B 截面
观察到的软磁层的
磁化取向（方向）

图 3

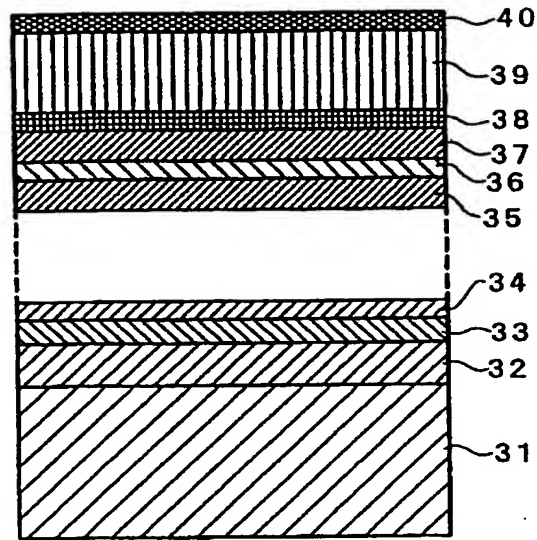


图 4

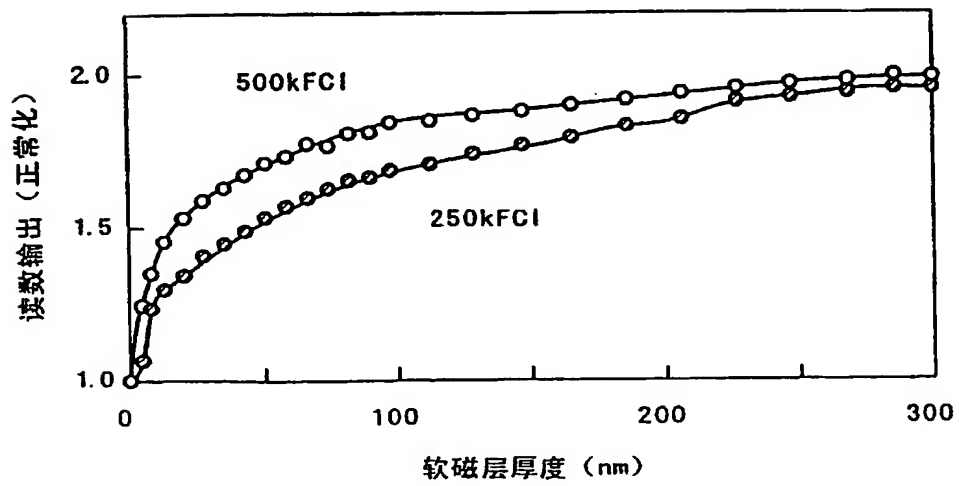


图 7

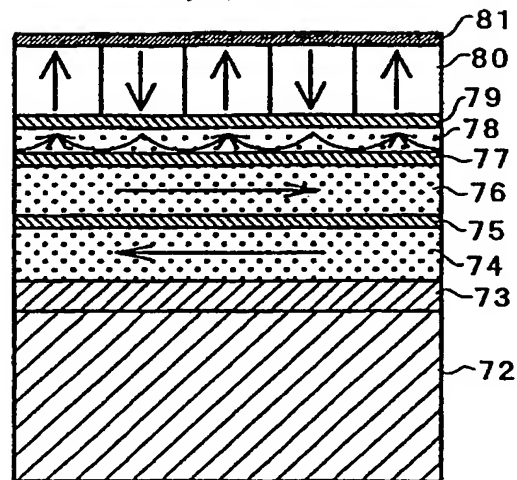


图 8

